



Définitions opérationnelles du temps pour l'analyse des données longitudinales : illustration dans le champ des mobilités spatiales

Pierre Pistre, Hadrien Commenges, David Guerrero, Laurent Proulhac

► To cite this version:

Pierre Pistre, Hadrien Commenges, David Guerrero, Laurent Proulhac. Définitions opérationnelles du temps pour l'analyse des données longitudinales : illustration dans le champ des mobilités spatiales. *Nouvelles perspectives en sciences sociales*, 2015, 10 (2), pp.199-236. 10.7202/1030268ar . halshs-01163931

HAL Id: halshs-01163931

<https://shs.hal.science/halshs-01163931>

Submitted on 15 Jun 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Définitions opérationnelles du temps pour l'analyse des données longitudinales : illustration dans le champ des mobilités spatiales

Operational Definitions of Time for Longitudinal Data Analysis: Illustration in the Field of Spatial Mobilities

Pierre Pistre*, Hadrien Commenges, David Guerrero***, Laurent Proulhac******

* IFSTTAR, AME, DEST, pierre.pistre@ifsttar.fr

** LEESU, Labex Futurs urbains, hcommenges@leesu.enpc.fr

*** IFSTTAR, AME, SPLOTT, david.guerrero@ifsttar.fr

**** IFSTTAR, AME, LVMT, laurent.proulhac@ifsttar.fr

Résumé : La temporalité des phénomènes étudiés en sciences humaines et sociales pose des problèmes théoriques complexes et des problèmes techniques spécifiques, notamment d'analyse et de visualisation de l'information temporelle. Cet article propose une typologie opérationnelle distinguant trois types de temps – calendrier, processus et succession – puis il illustre l'intérêt de cette typologie à travers trois cas d'étude qui traitent des mobilités spatiales (parcours résidentiels, programmes d'activités et de déplacements quotidiens, itinéraires d'acheminement de marchandises). Ces exemples sont analysés à partir de données longitudinales et de plusieurs modes de représentation graphique (en chronogramme, en tapis, en coulées). Nous cherchons ainsi à enrichir et clarifier l'appréhension du temps comme attribut dans un système d'information statistique. Notre démarche de recherche a été largement inductive et pragmatique. Nous sommes partis de préoccupations thématiques et techniques particulières, concernant l'analyse et la représentation graphique des données longitudinales, pour aller vers des spécifications théoriques plus générales du temps. Nous avons cherché, en somme, à modéliser un temps à la mesure de nos objets de recherche. Cette démarche est restituée en sens inverse dans l'article : de la réflexion théorique à la mise en pratique dans le champ des mobilités spatiales.

Mots-clés : Temporalités, visualisation, analyse longitudinale, trajectoire

Abstract: Temporality of human and social phenomena raises theoretical complex issues and specific technical challenges, including analyzing and visualizing of temporal information. This paper proposes an operational typology of three kinds of time: schedule-time, process-time and succession-time. Then it illustrates the usefulness of this typology through three case studies dealing with mobility (residential trajectories, programs of activities and daily trips, routes of freight delivery). These examples are analyzed using longitudinal data and several modes of graphical representation (distribution plot, sequence frequency plot, slide plot). Our approach is willing to enrich and clarify the understanding of time as an attribute into a statistical information system. This approach is inductive and pragmatic: we started with specific thematic and technical issues regarding the analysis and the graphical representation of longitudinal data to move towards theoretical specifications of time. In short, we tried to model an appropriate time to our research objects. This research approach is rendered in reverse in the article: from the theoretical reflexion about time to the field of spatial mobility.

Keywords: Temporalities, visualization, longitudinal analysis, trajectory

Les phénomènes humains et sociaux ont tous une dimension temporelle : le temps est omniprésent et d'autant plus difficile à appréhender et à expliciter en sciences humaines et sociales¹. Cette difficulté explique en partie que les définitions les plus détaillées et les moins équivoques du temps sont produites par des travaux quantitatifs. Ceux-ci doivent en effet construire des définitions opérationnelles de types de temps pour caractériser l'information quantifiée. Ces définitions sont fondées sur des attributs distinctifs appelés par la suite *spécifications*.

De telles spécifications du temps ont été mises en œuvre dans plusieurs domaines méthodologiques et techniques (l'informatique², les systèmes d'information géographique³, la visualisation des données⁴, l'analyse de données longitudinales⁵), mais chacun de ces domaines produit ses propres spécifications, destinées à appréhender le mieux possible son objet de recherche. De ces développements relativement cloisonnés résulte une grande diversité de critères de définition et de termes employés – temps absolu, temps relatif, temps logique, temps physique, etc. –, qui ont fait l'objet de peu de tentatives d'harmonisation. Les états de l'art approfondis et pluridisciplinaires des spécifications du temps sont notamment très peu nombreux⁶.

En proposant une typologie opérationnelle de trois temps (*temps-calendrier*, *temps-processus*, *temps-succession*), cet article entend contribuer à l'harmonisation des spécifications temporelles et à clarifier l'appréhension du temps comme attribut dans un système d'information statistique. Le champ des mobilités spatiales est le filtre d'application choisi pour tester la portée théorique et opérationnelle des types de temps identifiés. Tout déplacement s'inscrit aussi bien dans l'espace que dans le temps, et les données disponibles qui renseignent sur les mobilités spatiales déclinent, à des degrés de précision inégaux, les caractéristiques géographiques comme temporelles de ces déplacements.

Trois objets spatiaux d'étude et d'application du cadre théorique sont mobilisés : les mobilités résidentielles, les programmes d'activités et de déplacements quotidiens et les itinéraires d'acheminement des marchandises. Chacun d'eux est analysé à partir d'un jeu de données longitudinales, définies de manière générale comme des données qui caractérisent les mêmes individus à plusieurs pas de temps. Enfin, plusieurs modes de représentation de

¹ Jean-Paul Cheylan, « Les processus spatio-temporels : quelques notions et concepts préalables à leur représentation », *Mappemonde*, n°87, 2007, p. 1-21.

² Gérard Berry, « L'informatique du temps et des événements », Leçon inaugurale au Collège de France, OpenEdition Books, 2013 [en ligne]. URL: <http://books.openedition.org/cdf/3297> ; Carlo Furia *et al.*, *Modeling time in computing*, Berlin, Springer, 2012 ; Edzer Pebesma, « Spacetime: spatio-temporal data in R », *Journal of Statistical Software*, vol. 51, n°7, 2012, p. 1-30.

³ Natalia Andrienko, Gennady Andrienko et Peter Gatalsky, « Exploratory spatio-temporal visualization: an analytical review », *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 14, 2003, p. 503-541 ; Jean-Paul Cheylan, *op.cit.*, p. 1-21 ; Andrew Frank, « Different types of times in GIS », dans Max Egenhofer et Reginald Golledge (dir.), *Spatial and temporal reasoning in GIS*, New York, Oxford University Press, 1998, p. 40-61 ; Donna Peuquet, « Time in GIS and geographical databases », dans Paul Longley *et al.* (dir.), *Geographical information systems. Principles and technical issues*, vol. 1, 2nd edition, Wiley, 1999, p. 91-103.

⁴ Edward Tufte, *The visual display of quantitative information*, Cheshire, Graphics Press, 1983 ; Wolfgang Aigner *et al.*, *Visualization of time-oriented data*, London, Springer, 2011.

⁵ Hans-Peter Blossfeld et Gotz Rohwer, *Techniques of event history modeling. New approaches to causal analysis*, London, Lawrence Erlbaum Associates, 2002 ; Alexis Gabadinho *et al.*, « Analyzing and visualizing state sequences in R with TraMineR », *Journal of Statistical Software*, vol. 40, n°4, 2011a, p. 1-37 ; Alexis Gabadinho *et al.*, *Mining sequence data in R with the TraMineR package : A user's guide*, Université de Genève, 2011b [en ligne]. URL: <http://mephisto.unige.ch/traminer/index.shtml>

⁶ Carlo Furia *et al.*, *op.cit.*, 2012.

ces données sont utilisés pour illustrer l'intérêt de travailler avec différentes spécifications du temps⁷: visualisations en *chronogramme*, en *tapis agrégé* et en *coulées*⁸.

Notre démarche de recherche a été largement inductive et pragmatique. Nous sommes partis de préoccupations thématiques et techniques particulières, concernant l'analyse et la représentation graphique de données longitudinales, pour aller vers des spécifications théoriques plus générales du temps. Nous avons cherché, en somme, à modéliser un temps à la mesure de nos objets de recherche, tout en conservant une portée générale dans la définition de types de temps génériques. Cette démarche est restituée en sens inverse dans l'article : de la réflexion théorique sur le temps à la mise en pratique dans le champ des mobilités spatiales.

1. Spécification du temps et analyse des données longitudinales

1.1. Les trois temps des trajectoires : calendrier, processus, succession

Il convient, en premier lieu, de poser une distinction fondamentale entre deux types de temps : d'une part, le temps dans sa dimension physique et philosophique et, d'autre part, le temps considéré comme information modélisée dans un cadre statistique. C'est ce second type qui est au cœur de l'article, à savoir le temps comme attribut d'objets ou d'individus statistiques, qui permet d'estampiller (*time-stamp*) certaines caractéristiques de ces individus⁹.

Le temps comme attribut, dans un système d'information comprenant des informations temporelles, est nécessairement pluriel : chaque concepteur ou utilisateur définit *son* temps, de façon à appréhender le mieux possible son objet d'étude¹⁰. Ces différents temps peuvent être décrits à partir d'un jeu de quatre caractéristiques, qui se décomposent en dix modalités (Fig. 1).

Fig 1. Spécification des caractéristiques temporelles dans un système d'information

Caractéristiques du temps modélisé		
Échelle	Discrète	Continue
	Ordinale	Cardinale
Cadre	Instant	Intervalle
Granularité	Simple	Multiple
Ajustement	Autochronie	Synchronie

Source : élaboré à partir de Aigner, 2012 ; Blossfeld et Rohwer, 2002 ; Franck, 1998 ; Furia et al. 2012.

⁷ Les visualisations des données longitudinales présentées dans l'article ont été réalisées avec R, logiciel libre d'analyse de données, et le package *TraMineR*, ainsi que l'application en ligne SLIDER d'analyse exploratoire des données longitudinales (url : <http://slider.parisgeo.cnrs.fr/>).

⁸ Hadrien Commenges, Pierre Pistre et Robin Cura, « SLIDER : Software for Longitudinal Data Exploration with R », *Cybergeog*, n°693, 2014 [en ligne]. URL: <http://cybergeog.revues.org/26530> ; Alexis Gabadinho et al., *op.cit.*, 2011b.

⁹ Le travail de spécification qui suit s'appuie sur les problèmes techniques rencontrés par les auteurs dans leurs recherches et sur la littérature pluridisciplinaire citée en introduction.

¹⁰ Wolfgang Aigner et al., *op.cit.*, 2011 ; Andrew Frank, *op.cit.*, p. 40-61.

Le temps est d'abord une *échelle* utilisée pour situer des événements ou des états sur un axe. Cette échelle est soit continue soit discrète : si l'estampillage temporel peut prendre toute valeur réelle, l'échelle est continue ; si l'estampillage peut prendre un ensemble fini de valeurs prédéterminées – en général un pas de temps régulier – l'échelle est dite discrète. En outre, lorsque l'échelle permet de comptabiliser une durée, elle est dite cardinale, lorsque elle permet uniquement d'ordonner des événements (A avant B, C après A), elle est dite ordinale. Dans ce dernier cas, l'échelle temporelle est nécessairement discrète.

Le temps est ensuite décrit par un *cadre* : un instant ou un intervalle. Le cadre est un instant si le temps est seulement un point sur l'échelle temporelle, point qui, par définition, n'a pas de durée. Le cadre est un intervalle si le temps correspond à plusieurs points sur l'échelle temporelle – deux dans le cas le plus simple – qui indiquent ainsi une durée. En ce qui concerne les objets statistiques, la distinction instant-intervalle implique une différence majeure entre événement et état. Dans l'étude de trajectoires familiales par exemple, un individu peut être décrit par une suite d'événements sans durée (naissance, mariage, divorce, mort) ou par la suite des états correspondants (célibataire, marié, divorcé). L'événement est ainsi un instant qui marque un changement d'état, l'état est un intervalle situé entre deux événements.

Le temps est aussi caractérisé par une *granularité*, qui désigne la plus petite unité d'un axe temporel nécessairement discret. Cette granularité est simple si l'unité minimale est unique et commune à tous les objets statistiques. Elle est multiple si chaque objet a sa propre granularité.

Enfin, le temps est un *ajustement* des échelles temporelles individuelles. Les dispositifs techniques de mesure du temps, du clocher médiéval à la mise en place des fuseaux horaires, produisent une synchronisation des rythmes individuels¹¹. Ici le temps est qualifié de synchrone si tous les individus sont placés sur une échelle commune, il est qualifié d'autochrone si chaque individu est doté de sa propre échelle temporelle.

Au croisement des deux caractéristiques du temps *échelle* et *ajustement*, trois types de temps peuvent être distingués : *temps-calendrier*, *temps-processus* et *temps-succession* (Fig. 2). Soulignons déjà qu'entre ces trois types de temps, il y a un gradient d'abstraction et une perte d'information. La transformation d'un type de temps en un autre n'est possible que dans un sens, du plus détaillé au moins détaillé en information temporelle.

Le *temps-calendrier* est le plus riche en information et le moins abstrait. L'échelle est cardinale et permet de comptabiliser des durées : si l'individu 1 naît (A) en 1930 et meurt (Z) en 1990, il est possible de mesurer la durée qui sépare ces deux événements. L'ajustement est synchrone car tous les individus sont placés sur une échelle commune : si l'individu 2 naît (A) en 1995 et meurt (Z) en 2015, il est possible de comparer ces dates à celles des autres individus, de façon ordinale (naissance de l'individu 2 après la mort de l'individu 1) et cardinale (naissance de l'individu 2 cinq ans après la mort de l'individu 1).

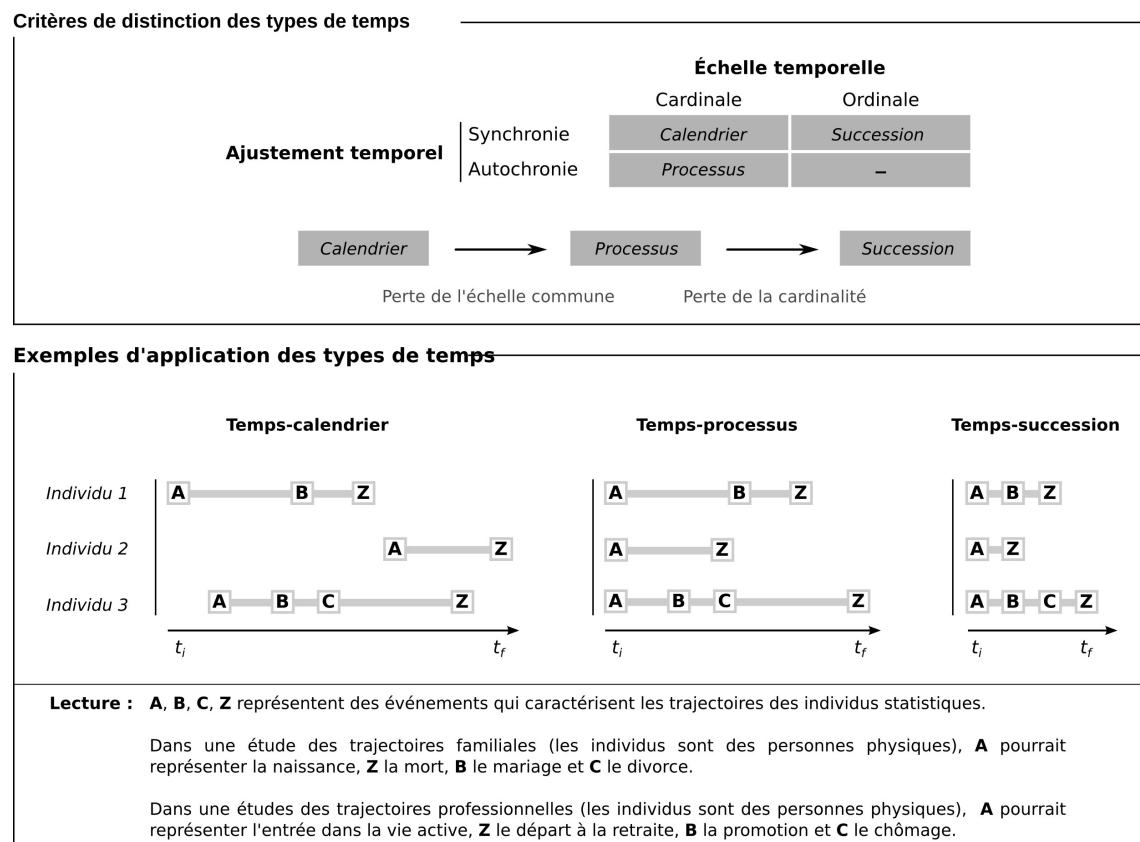
Le *temps-processus* est moins riche en information puisqu'il est vidé de sa caractéristique de synchronisation. L'échelle est cardinale et permet de comptabiliser des durées : si l'individu 1 naît (A) dans l'année 0 de son existence et meurt dans l'année 60, il est possible de mesurer la durée qui sépare ces deux événements (mort dans sa 60^e année). En revanche,

¹¹ Jacques Le Goff, « Au Moyen-Âge : temps de l'Église et temps du marchand », *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations*, vol.15, n°3, 1960, p. 417-433 ; David Landes, *Revolution in time : clocks and the making of the modern world*, Cambridge, Belknap Press, 2000.

l'ajustement est autochrone, tous les individus sont placés sur leur propre échelle : si l'individu 3 naît (A) dans l'année 0 de son existence et meurt (Z) dans l'année 20, il est possible de comparer les durées (l'individu 1 a vécu 40 ans de plus que l'individu 3) mais non l'ajustement. On ne sait pas lequel est né avant l'autre (échelle ordinale) ni combien d'années avant (échelle cardinale). Pour assurer une comparaison pertinente entre les individus, et ce malgré l'absence de la caractéristique de synchronisation, ceux-ci sont alignés sur un point commun de départ, un état ou un événement fondateur: la naissance par exemple, si l'étude porte sur les trajectoires de vie, ou l'entrée dans la vie active si l'étude porte sur les trajectoires professionnelles.

Le *temps-succession* est encore moins riche en information puisqu'il est en plus vidé de sa caractéristique de cardinalité. La seule information temporelle qu'il conserve est l'ordre des événements ou des états. L'échelle est ordinale et donne un ordre d'occurrence : l'individu 1 naît (A) avant qu'il meure (Z) ! Au-delà de cette information sommaire, il est impossible de mesurer la durée en années qui sépare les deux événements. L'ajustement est nécessairement autochrone, tous les individus sont placés sur leur propre échelle : en comparant les individus 1 et 2, on ne sait pas lequel est né le premier (échelle ordinale) ni combien d'années avant (échelle cardinale). Enfin, comme pour le *temps-processus*, le *temps-succession* ne permet pas de synchronisation entre les individus. Il nécessite pour l'analyse d'aligner les individus sur un même point de départ, un état ou un événement commun à l'ensemble des trajectoires étudiées.

Fig 2. Typologie de trois types de temps pour l'analyse de données longitudinales



Source : élaboré par les auteurs de l'article.

La typologie proposée distingue ainsi trois types de temps opérationnels – *calendrier*, *processus*, *succession* – définis par le croisement des caractéristiques d'ajustement et d'échelle. Cette grille de lecture aide à concevoir des analyses temporelles appropriées à chaque objet de recherche. Le passage d'un type de temps à un autre se fait par une simplification qui suppose une perte progressive d'information. Cependant, cette perte d'information est souvent nécessaire pour appréhender efficacement certains phénomènes, voire obligatoire en fonction des données statistiques à disposition.

1.2. Réflexion sur le caractère longitudinal des enquêtes et des données

Les trois exemples développés par la suite portent sur les mobilités spatiales – mobilité résidentielle, mobilité quotidienne, acheminement des marchandises – et ils sont appréhendés par des données longitudinales. D'une manière générale, deux grands types de dispositif d'enquête sont à distinguer dans la production de données statistiques : les dispositifs transversaux (*cross sectional design*) et les dispositifs longitudinaux (*longitudinal design*). Les premiers produisent une photographie d'un phénomène à un instant donné, alors que les seconds procèdent à des mesures successives et répétées sur les mêmes individus¹².

Les enquêtes longitudinales sont qualifiées de *dispositifs d'intervention* lorsqu'elles mesurent la réaction ou la réponse des individus à un événement ou un traitement. Ces dispositifs mis en place dans le domaine de la santé procèdent en général à deux vagues de mesure, avant et après traitement. On qualifie ensuite d'*enquêtes panel* les dispositifs qui suivent un groupe d'individus et qui procèdent, la plupart du temps, à des vagues de mesure plus nombreuses.

Citons par exemple, dans le cas français, l'*Échantillon Démographique Permanent (EDP)*, mis en place par l'Insee¹³ à partir de 1968, pour lequel les étapes successives de mesure correspondent à toutes les dates de recensement depuis la fin des années 1960¹⁴. On distingue encore les *dispositifs rétrospectifs* qui comportent une seule vague d'enquête et qui recueillent des informations sur le temps passé par des questions rétrospectives. L'enquête *Biographies et entourage*¹⁵ réalisée par des chercheurs de l'Ined¹⁶ en est un exemple.

En outre, il convient pour la suite de notre analyse de distinguer clairement les dispositifs longitudinaux des données longitudinales. Les dispositifs sont dits longitudinaux lorsqu'ils procèdent à des mesures répétées sur les mêmes individus, alors que les données sont dites longitudinales lorsqu'elles caractérisent les mêmes individus à différents instants ou périodes. Ainsi, un dispositif rétrospectif n'est pas à proprement parler longitudinal (une seule vague), mais il produit des données longitudinales. C'est le cas des trois enquêtes mobilisées dans cet article : elles ne correspondent pas à des dispositifs longitudinaux mais elles produisent bien des données longitudinales.

¹² Toon W Taris, *A primer in longitudinal data analysis*, Londres, SAGE Publications, 2000.

¹³ INSEE pour Institut National de la Statistique et des Études Économiques.

¹⁴ Christine Couet, « L'échantillon démographique permanent de l'Insee », *Courrier des statistiques*, n°117-119, 2006, p. 5-14.

¹⁵ Eva Lelièvre et Géraldine Vivier, « Evaluation d'une collecte à la croisée du quantitatif et du qualitatif. L'enquête Biographies et entourage », *Population*, vol. 56, n°6, 2001, p. 1043-1073.

¹⁶ INED pour Institut National d'Études Démographiques.

L'enquête *Histoire de Vie*¹⁷ (HdV) a produit, par des questions rétrospectives, une information sur les communes de résidence successives et les années associées de changement de résidence depuis la naissance, pour un échantillon d'individus de 18 ans et plus (partie 2). L'avant-dernière *Enquête Globale Transport (EGT)* a également produit par des questions rétrospectives une information sur les activités et déplacements effectués la veille de l'entretien par un échantillon d'individus de 6 ans et plus qui résident en Île-de-France (partie 3). Les unités temporelles de mesure sont ici les tranches successives de 5 minutes qui composent les 24 h de la journée précédant la collecte de l'information, à partir de 4 h du matin. L'enquête *Envois-CHargeurs-Opérateurs de transport (ECHO)* a produit, là encore par des questions rétrospectives, une information sur les itinéraires d'acheminement de marchandises en France et à l'international (partie 4). Sur le plan temporel, seule est produite une information sur la succession des étapes d'acheminement d'un envoi.

1.3. Relations entre spécification du temps, objet d'étude et mode de visualisation

Les enquêtes panel et les enquêtes rétrospectives ont connu un fort développement en démographie. Les recherches réalisées à l'Ined dans le cadre de l'analyse des biographies¹⁸ se sont en particulier accompagnées d'une réflexion sur la collecte de l'information et sur le « temps pertinent de la biographie¹⁹ ». Ces travaux ont souligné les liens qui existent entre le dispositif d'enquête, l'objet d'étude et la spécification du temps. Deux décalages principaux sont mis en évidence : d'une part, le décalage entre le temps spécifié par le chercheur et le temps perçu par l'enquêté ; d'autre part, le décalage entre les différentes temporalités perçues par un même individu enquêté.

Le premier est un problème commun à tous les dispositifs d'enquête rétrospectifs, qui se pose également pour les trois dispositifs utilisés dans la suite de l'article. Le second problème est en revanche plus spécifique à l'approche biographique pratiquée en démographie, approche qui cherche à appréhender conjointement des domaines différents de l'histoire de vie : histoire migratoire, histoire professionnelle ou encore histoire familiale. Parmi les trois cas d'étude analysés dans les parties 2, 3 et 4, seul le premier sur les parcours résidentiels mobilise une enquête qui s'inscrit pour partie dans le champ de l'analyse biographique. Une grille biographique a été intégrée à l'enquête et a permis de recueillir simultanément des informations sur les lieux de résidence, les activités et statuts professionnels, les revenus, les événements familiaux, et leurs évolutions. Seules les informations sur la localisation des lieux de résidence sont utilisées dans l'exemplification en partie 2 mais, d'une manière générale, le rapport entre le temps de l'enquêteur et le(s) temps de l'enquêté constitue un aspect important de la production et de l'analyse des données longitudinales. Cette question est brièvement mentionnée ici mais nous renvoyons aux travaux du Groupe de Réflexion sur l'Analyse Biographique (GRAB) pour une analyse plus approfondie²⁰.

¹⁷ Les trois enquêtes utilisées sont décrites plus en détail en début des parties concernées.

¹⁸ Daniel Courgeau et Eva Lelièvre, *Analyse démographique des biographies*, Paris, Ined, 1989 ; Groupe de Réflexion sur l'Approche Biographique (GRAB), *Biographies d'enquêtes, bilan de 14 collectes biographiques*, Paris, Ined, 1999 ; Eva Lelièvre et Géraldine Vivier, *op.cit.*, p. 1043-1073.

¹⁹ Philippe Antoine *et al.*, « Une lecture comparative de 14 collectes biographiques », dans GRAB, *Biographies d'enquêtes, bilan de 14 collectes biographiques*, Paris, Ined, 1999, p. 36.

²⁰ GRAB, *op.cit.*, 1999 ; GRAB, *Etats flous et trajectoires complexes. Observation, modélisation, interprétation*, Paris, Ined, 2006 ; Eva Lelièvre et Géraldine Vivier, *op.cit.*, p. 1043-1073.

Concernant maintenant la relation entre objets d'étude, spécifications du temps et modes de visualisation des données longitudinales, plusieurs combinaisons complémentaires sont envisageables. Néanmoins, le champ des possibles découle déjà de la qualité et de la richesse de l'information temporelle collectée dans les enquêtes utilisées. Par exemple, indépendamment de la nature des objets spatiaux analysés par la suite, le format de l'information temporelle collectée dans l'enquête HdV — soit des années de changement de résidence — permet d'utiliser les trois types de temps définis auparavant. Par contre, les informations rassemblées dans l'enquête EGT ne permettent d'analyser les programmes d'activités et de déplacements qu'en termes de *temps-processus* et de *temps-calendrier*, alors que les possibilités se réduisent au seul *temps-succession* pour le dernier exemple.

De plus, dans la littérature sur l'analyse des données longitudinales et des séquences, il existe plusieurs formes de représentation graphique²¹ qui se prêtent plus ou moins bien à l'analyse de tel ou tel objet d'étude, selon telle ou telle spécification du temps. Les deux modes de visualisation les plus utilisés sont le chronogramme (*state distribution plot*) et le tapis (*sequence index plot*). Ils sont notamment mobilisés pour présenter les profils de classes de trajectoires individuelles, comme dans le cas de parcours professionnels²², de parcours résidentiels²³ ou de programmes d'activités²⁴. Le chronogramme représente la distribution des individus, répartis dans plusieurs modalités, à chaque pas de temps de la période d'étude. Il montre ainsi la fréquence des différentes modalités enregistrée dans les tranches temporelles successives. À la différence du précédent, la représentation en tapis conserve l'aspect individuel des trajectoires et permet de visualiser tout ou partie d'un échantillon. Chacune des trajectoires y est représentée de manière autonome, et des segments de couleurs, de grisés voire de figurés, permettent de différencier les états successifs de chaque individu durant la période d'étude. À ces deux types classiques de visualisation s'ajoute la représentation en tapis agrégé²⁵ (*frequency plot*), implémentée par des chercheurs de l'université de Lausanne, qui vise à présenter par superposition graphique les configurations de trajectoires les plus fréquentes dans un échantillon. Enfin, plus récemment, le graphique en coulées²⁶ (*slide plot*) a été développé pour mieux mettre en évidence les échanges entre modalités dans un échantillon de trajectoires. Il consiste en l'agrégation des parties communes de trajectoires individuelles, soit de changements ou de continuités d'états, entre deux pas de temps successifs.

²¹ Un état de l'art illustré des modes existants de représentation a été présenté par ailleurs : Hadrien Commenges, Pierre Pistre et Robin Cura, *op.cit.*, 2014.

²² Yvette Grelet, « Des typologies de parcours : méthodes et usages », *Notes de travail Génération* 92, n°20, 2002, 47 p [en ligne]. URL: http://www.cmh.ens.fr/greco/programs/Grelet_typoparc.pdf.

²³ Nicolas Robette, « De l'espace de vie à l'espace d'une vie. Décrire les espaces de vie individuels », Mémoire de thèse de démographie, Paris, Université Paris I - Panthéon Sorbonne, 2009 [en ligne]. URL: https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/360203/filename/These_Nicolas_Robette.pdf

²⁴ Thomas Thévenin, Sonia Chardonnel et Elodie Cochev, « Explorer les temporalités urbaines de l'agglomération de Dijon : une approche activité-centrée de l'Enquête Ménage Déplacements », *Espace, populations, sociétés*, vol. 2-3, p. 179-190 ; Isabelle André-Poyaud *et al.*, « La mobilité au cœur des emplois du temps des citoyens », dans Yves Chalas et Florence Paulhiac (dir.), *La mobilité qui fait la ville*, Lyon, CERTU, 2008, p. 67-95.

²⁵ Alexis Gabadinho *et al.*, *op.cit.*, 2011a et 2011b.

²⁶ Hadrien Commenges, Pierre Pistre et Robin Cura, *op.cit.*, 2014.

Les choix d'une spécification du temps et d'un mode de visualisation sont théoriquement indépendants : le tableau ci-dessous (Fig. 3) rend compte des choix opérés pour les figures présentées dans l'article. D'une manière générale ont été privilégiés les modes de représentation qui reposent sur l'agrégation partielle ou complète des situations individuelles équivalentes. Des précisions sur le choix des modes de visualisation sont ensuite données dans chacune des parties suivantes : ils sont notamment liés aux objets spatiaux étudiés et aux angles thématiques abordés.

Fig 3. Types de temps et modes de visualisation sélectionnés dans l'article

	Temps-calendrier	Temps-processus	Temps-succession
Chronogramme		Figure 7	
Tapis agrégé			Figures 6, 8, 9, 10
Coulées	Figure 4	Figure 5	

Source : élaboré par les auteurs de l'article.

2. Application aux mobilités résidentielles en trois temps

Le premier cas d'étude porte sur les parcours résidentiels à destination finale des communes rurales françaises, à partir de l'enquête Histoire de Vie qui renseigne sur les années successives d'aménagement/déménagement des individus dans différents types d'espace. Ce premier objet relève plus globalement de l'analyse des dynamiques migratoires, mais il s'agit de dépasser la seule prise en compte des déplacements origine-destination, pour considérer l'ensemble des mobilités et parcours résidentiels des individus. L'objectif est ainsi de mieux comprendre le sens des derniers lieux de résidence au regard des trajectoires complètes²⁷. En outre, le *focus* porté sur les communes rurales vise à approfondir les connaissances sur les installations de nouveaux résidents dans les campagnes françaises et les tendances associées au renouveau démographique observées depuis les années 1970-1980²⁸.

Les données utilisées sont celles de l'enquête HdV, réalisée de manière conjointe par l'Insee et l'Ined en 2003. Cette enquête nationale avait pour principale ambition l'analyse de la construction des identités individuelles, à l'articulation de plusieurs dimensions : familiales, professionnelles, sociales ou spatiales²⁹. Une grille biographique a permis de recueillir les 8403 parcours résidentiels des individus de 18 ans et plus enquêtés. Les exploitations graphiques présentées dans les figures 3, 4 et 5 portent sur les seuls 1260 individus de

²⁷ Jacques Brun et Catherine Bonvalet, « Approches quantitatives ou qualitatives de la mobilité », *Espace, populations, sociétés*, vol. 20, 2002, p. 63-72.

²⁸ Pierre Pistre, « Renouveaux des campagnes françaises : évolutions démographiques, dynamiques spatiales et recompositions sociales », Mémoire de thèse de géographie, Université Paris Diderot, 2012 [en ligne]. URL: <http://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00764869/>.

²⁹ Emmanuelle Crenner *et al.*, « L'élaboration d'une enquête quantitative sur la construction des identités », *Économie et Statistique*, n°393-394, 2006, p. 7-18 ; France Guérin-Pace, Olivier Samuel et Isabelle Ville (dir.), *En quête d'appartenance. L'enquête Histoire de vie sur la construction des identités*, Paris, Ined, 2009.

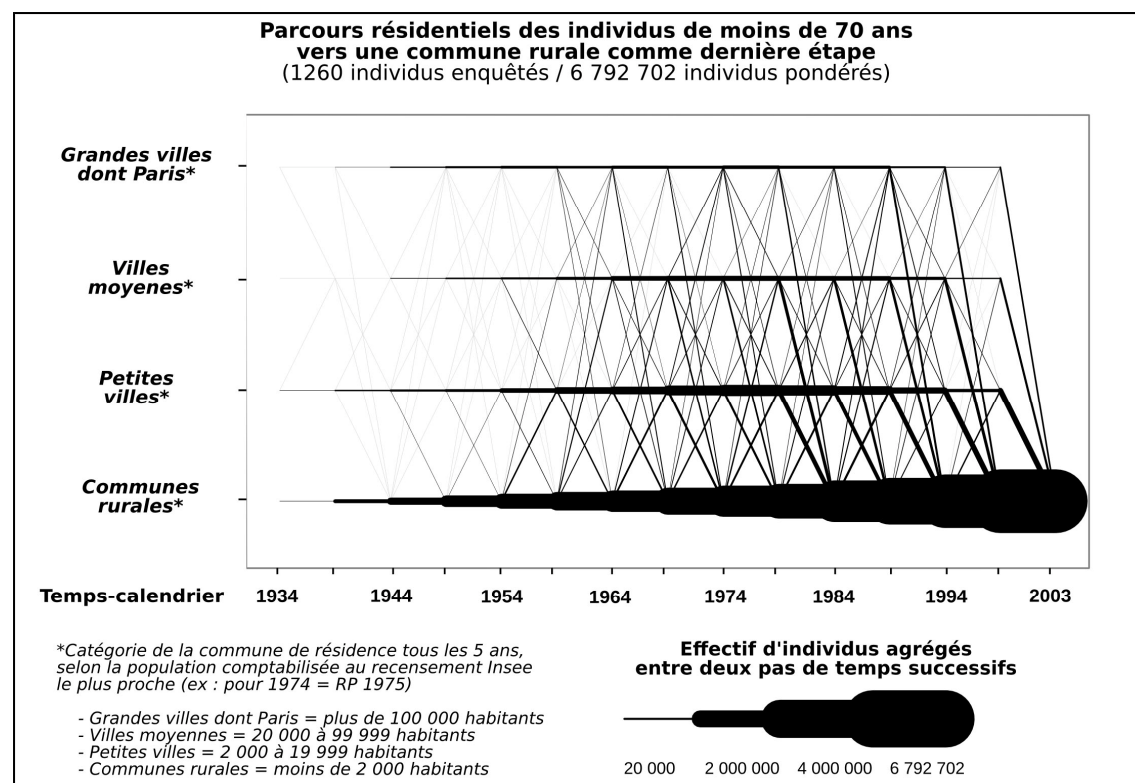
moins de 70 ans qui résidaient dans une commune rurale au moment de l'enquête (soit 6 792 702 individus pondérés).

Enfin, si les parcours résidentiels comme objet d'étude se prêtent bien à l'analyse graphique des données longitudinales selon les trois temps définis dans la partie 1, il importe que les informations statistiques utilisées le permettent. C'est ici le cas : pour chaque individu ont été collectées les années depuis la naissance auxquelles sont intervenus des déménagements et les communes successives de résidence. Pour les représentations graphiques qui suivent, les parcours résidentiels sont composés à partir des types d'espaces successifs de résidence, synthétisés en quatre modalités qualitatives : communes rurales, petites villes, villes moyennes et grandes villes dont Paris. Deux graphiques en coulées sont utilisés pour les analyses en *temps-calendrier* et en *temps-processus*, et une représentation en tapis agrégé pour la dernière figure en *temps-succession*. Dans un premier temps, il s'agit surtout d'examiner les intensités et les temporalités des changements d'espace de résidence, d'où le choix des coulées, alors que la figure 6 en tapis agrégé met plus clairement en évidence les configurations intégrales de trajectoires qui sont dominantes dans l'échantillon.

2.1. Les mobilités résidentielles au prisme du temps-calendrier

La figure 4 correspond à un graphique en coulées et seules les situations résidentielles tous les 5 ans sont considérées pour simplifier la représentation.

Fig 4. Représentation en coulées et en temps-calendrier des parcours vers le rural français



Source : Insee/Ined, Enquête Histoire de Vie 2003.

Deux points principaux d'analyse peuvent être dégagés grâce à l'approche en *temps-calendrier* : (1) La majorité des individus qui résidaient dans une commune rurale au moment de l'enquête ont toujours vécu en rural ou ont connu ce type de commune de résidence au cours de leurs parcours résidentiels. Ce premier constat met en évidence le poids des expériences passées de vie rurale, continues ou partielles, dans les situations résidentielles récentes ; (2) Bon nombre des individus sont passés par une ou plusieurs étapes urbaines, en début ou au cours de leurs parcours résidentiels. Les passages par de petites villes ont été les plus nombreux – en particulier durant les années 1970-1980, avant des migrations à parts égales vers les communes rurales dans les années 1990-2000 –, ce qui, du fait du maillage important du territoire français par de petites entités urbaines, souligne la prégnance des migrations de proximité entre entités urbaines et rurales.

Cette première analyse en *temps-calendrier* apporte donc des éléments généraux de cadrage sur les trajectoires résidentielles vers les communes rurales et leurs temporalités. La représentation en coulées permet en particulier d'estimer les volumes et les fréquences des changements spatiaux depuis le début de la période d'étude. Toutefois, elle comporte une limite importante : des individus d'âges hétérogènes sont intégrés dans l'échantillon et il est impossible d'évaluer si les changements résidentiels correspondent à des moments particuliers de leurs cycles de vie.

2.2. Les mobilités résidentielles au prisme du temps-processus

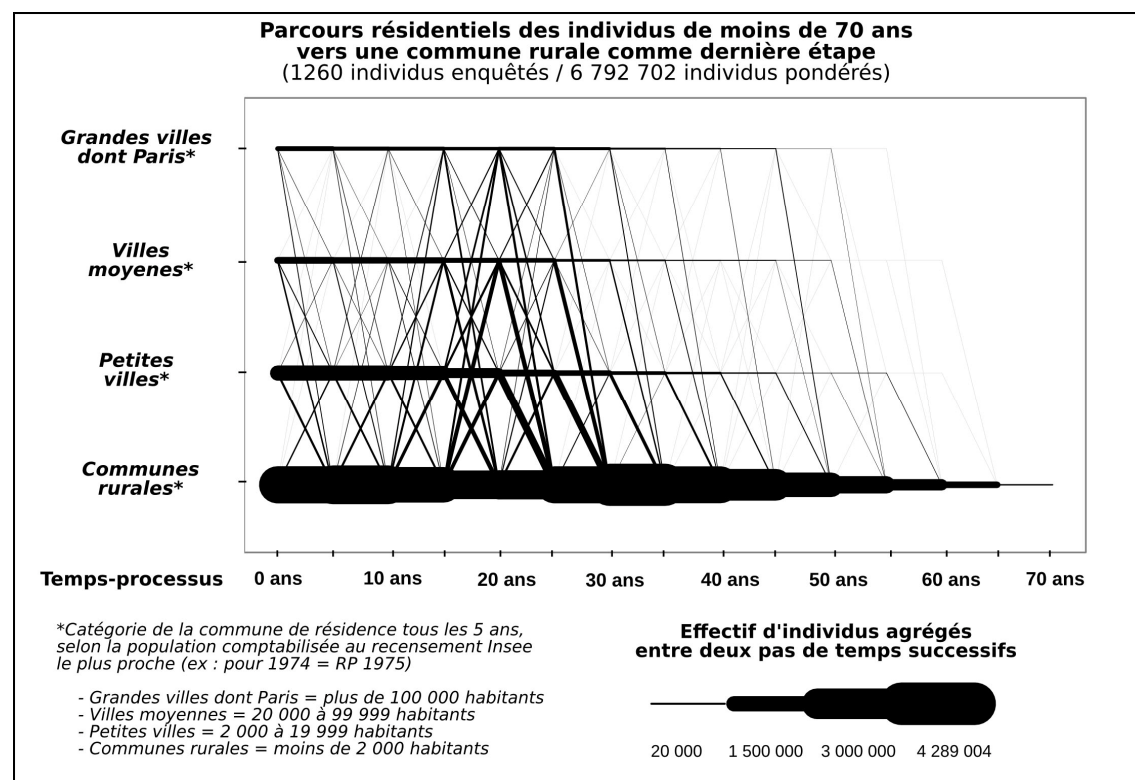
La question des parcours résidentiels selon le cycle de vie peut être appréhendée par le passage du *temps-calendrier* au *temps-processus* (Fig.5). Il s'agit de se libérer de l'échelle commune à tous les individus et de les aligner sur une échelle propre à chacun à partir d'un événement fondateur. Conformément aux spécifications du temps exposées dans la partie 1, toutes les trajectoires résidentielles sont ramenées pour la représentation à un point commun de départ, soit le type de commune de résidence au moment de la naissance.

Deux constats supplémentaires s'imposent à partir de l'approche en *temps-processus* : (1) Les individus qui résidaient dans une commune rurale à leur naissance sont bien les plus nombreux dans l'échantillon (3 963 791 individus pondérés), mais les effectifs de ceux provenant de petites villes (1 847 557), de villes moyennes (977 107) ou de grandes villes (683 759) sont loin d'être négligeables ; (2) Peu de changements de types d'espace sont intervenus entre la naissance et 15 ans, par contre les deux décennies suivantes (de 20 à 40 ans) sont celles qui concentrent les basculements résidentiels les plus importants. Il s'agit principalement de départs des communes rurales vers les différentes tailles de communes urbaines considérées, ou inversement, le passage des types de communes urbaines vers des communes rurales. Les échanges des petites villes vers les communes rurales, entre 20 et 25 ans et 25 et 30 ans, sont les deux changements les plus importants dans l'échantillon.

Dans le cas des mobilités résidentielles, l'utilisation conjointe du *temps-processus* et du graphique en coulées permet ainsi de repérer les périodes au cours du cycle de vie où les changements résidentiels ont été les plus nombreux. Elle permet aussi d'évaluer le sens des migrations successives qui constituent les parcours résidentiels. Néanmoins, cette analyse comporte deux limites principales : (1) En ramenant tous les individus d'âges hétérogènes à un même point de départ, on présuppose que les effets du cycle de vie ont été équivalents au

cours de la période d'étude, et donc que les effets générationnels ont été limités ; (2) Les individus les plus âgés étant logiquement sous-représentés dans l'échantillon, les dynamiques spatiales liées aux étapes récentes de leurs parcours résidentiels apparaissent résiduelles au regard des tendances générales observées durant la période d'activité professionnelle.

Fig 5. Représentation en coulées et en temps-processus des parcours vers le rural français



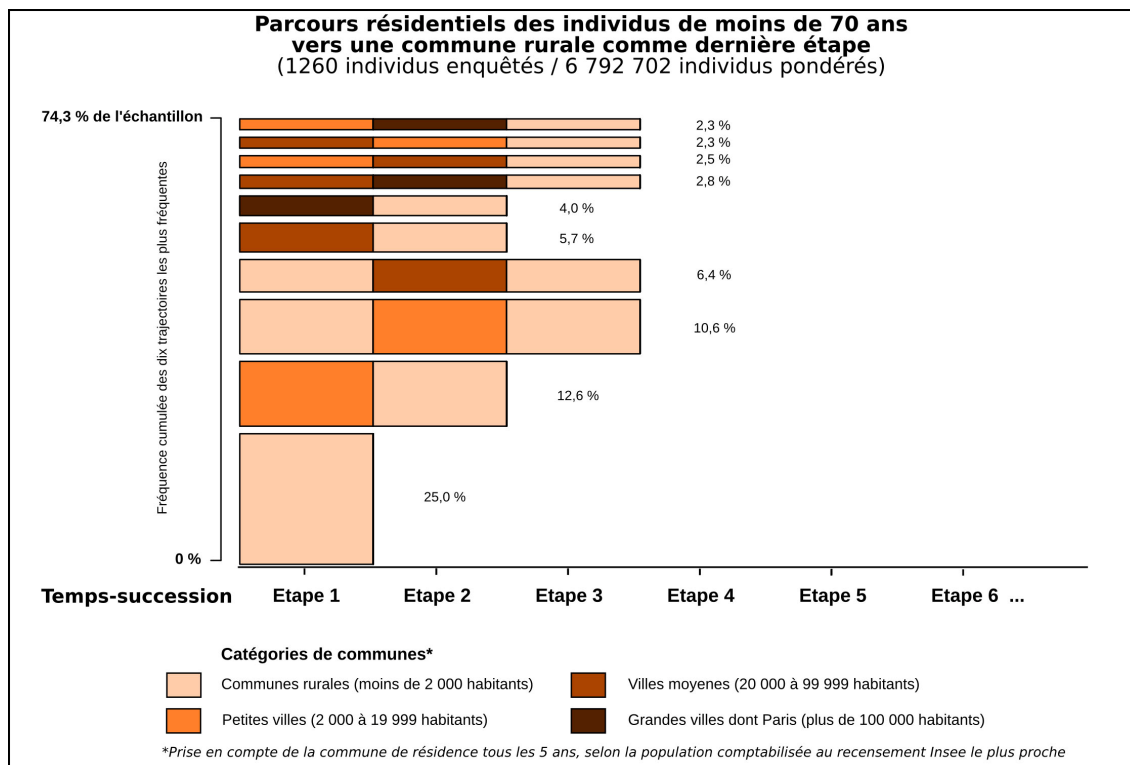
Source : Insee/Ined, Enquête Histoire de Vie 2003.

2.3. Les mobilités résidentielles au prisme du temps-succession

La figure 6 représente le même échantillon d'étude, mais cette fois-ci en *temps-succession* et en utilisant une visualisation en tapis agrégé qui rend compte des dix parcours résidentiels les plus fréquents³⁰. Ce mode de représentation est ici bien plus adapté, d'une part, pour mettre en évidence les configurations complètes de trajectoires les plus représentées et, d'autre part, pour comparer de manière agrégée le poids des trajectoires de longueurs différentes. Précisons aussi que la succession correspond dans le cas présent à des étapes résidentielles qui se suivent, mais en ne considérant que les seuls changements de types d'espace : il s'agit notamment d'atténuer les différentiels de nombre de changements de résidence fortement liés à l'âge des individus. Ainsi, si un individu a changé plusieurs fois de commune de résidence, mais qu'il n'a résidé que dans des communes de même niveau spatial (par exemple des communes rurales), sa trajectoire résidentielle ne sera composée que d'une seule étape.

³⁰ Alexis Gabadinho *et al.*, *op.cit.*, 2011b.

Fig 6. Représentation en temps-succession des dix parcours les plus fréquents vers le rural français



Source : Insee/Ined, Enquête Histoire de Vie 2003.

Au regard des deux précédentes représentations (Fig. 4 et Fig. 5), cette dernière apporte donc des éléments de hiérarchisation des configurations les plus représentées, et cela indépendamment des durées (échelle ordinale). Les dix parcours résidentiels les plus fréquents rassemblent 74,3 % des trajectoires de l'échantillon d'étude, soit 936 individus enquêtés et 5 046 007 individus pondérés. Le profil de parcours résidentiel le plus long dans l'échantillon compte huit étapes successives, mais il ne fait logiquement pas partie des dix configurations les plus fréquentes, de même que ceux en 4, 5, 6 ou 7 étapes.

La prise en compte du *temps-succession* révèle surtout ici trois profils de parcours résidentiels récurrents : (1) Le plus fréquent correspond à des trajectoires composées uniquement d'un ou plusieurs lieux de résidence dans les communes rurales (25,0 % de l'échantillon) ; (2) On retrouve ensuite les parcours résidentiels à deux étapes, au départ des petites villes et à destination des communes rurales (12,6 %), suivis de ceux à trois étapes au départ des communes rurales mais avec une étape intermédiaire dans des petites villes ou des villes moyennes (respectivement 10,6 et 6,4 %) ; (3) Les derniers profils récurrents correspondent à des parcours résidentiels à deux ou trois étapes, débutés dans l'une ou l'autre des catégories urbaines, et le dernier changement de type d'espace de résidence s'est effectué vers une commune rurale, soit un total de 19,6 % de l'échantillon.

En définitive, l'utilisation des trois types de temps dans le cas des mobilités résidentielles met en évidence des intérêts différenciés. Les deux premières représentations, qui s'appuient sur une échelle temporelle cardinale (*temps-calendrier* et *temps-processus*), ont l'avantage d'inscrire les dynamiques migratoires dans des durées (années, âges). L'utilisation d'un graphique en coulées fait dans ce cas ressortir les temporalités des changements d'une catégorie spatiale vers une autre. L'association du *temps-succession* et de la représentation en tapis agrégé apporte ensuite de la clarté dans l'évaluation des tendances spatiales les plus fréquentes, sur une période d'étude bornée au préalable (de 1934 à 2003 en termes de calendrier et de 18 à 70 ans en matière de processus).

3. Application aux programmes quotidiens de déplacements et d'activités en deux temps

La prise en compte des trois types de temps peut enrichir aussi l'analyse et la représentation des programmes quotidiens de déplacements et d'activités. L'information temporelle et longitudinale revêt un intérêt particulier dans le domaine de la mobilité quotidienne et des transports, en termes de recherche comme d'études opérationnelles. Depuis plusieurs décennies, la gestion et la planification des transports s'appuient sur des enquêtes qui permettent d'estimer le nombre de véhicules sur une voie routière ou le nombre d'usagers sur une ligne de transport en commun. Dans la plupart des pays européens, il existe des comptages de trafic systématiques depuis le 19^e siècle mais ils restent insuffisants pour appuyer des techniques sophistiquées de gestion et de planification. À la fin des années 1950, un nouveau type de dispositif de mesure est importé des États-Unis par des ingénieurs des Ponts et Chaussées envoyés dans les universités américaines : l'Enquête Ménages Déplacements (EMD)³¹.

Les analyses longitudinales que nous présentons dans cette deuxième partie sont menées sur ce type d'enquête en Île-de-France, soit à partir de l'EGT 2001-2002 dirigée par la DREIF³². Cette enquête produit une information sur les déplacements quotidiens effectués par les individus de 6 ans et plus résidant dans la région capitale. Le déplacement y est défini comme tout mouvement réalisé sur la voie publique reliant deux lieux d'activité. Les informations sont collectées sur la journée précédant l'entretien. Du moment qu'il s'agit d'un jour ouvrable hors weekends et vacances scolaires, le jour collecté importe peu pour les concepteurs de l'enquête : il s'agit d'un « jour moyen et normal » ou « jour ouvrable type », et il est impossible de le replacer dans un calendrier³³. Ainsi, du fait du protocole spécifique

³¹ Gabriel Dupuy, *Une technique de planification au service de l'automobile. Les modèles de trafic urbain*, Paris, Ministère de l'équipement, 1975 ; Konstantinos Chatzis, « De l'importation des savoirs américains à la création d'une expertise nationale : la modélisation des déplacements urbains en France, 1950-1975 », dans Mathieu Flonneau et Vincent Guigueno (dir.), *De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité ?*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2009, p. 159-169 ; Hadrien Commenges, « L'invention de la mobilité quotidienne. Aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports », Mémoire de thèse de géographie, Université Paris Diderot, 2013 [en ligne]. URL: <http://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00923682/>

³² L'EGT 2001-2002 était dirigée par la Direction Régionale de l'Équipement d'Île-de-France (aujourd'hui DRIEA) et réunissait plusieurs organismes impliqués dans la gestion et la planification des transports : l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France (IAU-IdF), le Syndicat des Transports d'Île-de-France (STIF), la RATP et la SNCF en particulier.

³³ Les EMD contiennent une information sur le jour de la semaine, du lundi au vendredi, mais il s'agit par exemple d'un lundi « moyen » et non d'un lundi pouvant être remplacé sur le calendrier.

du recueil de données dans cette enquête, l'utilisation du *temps-calendrier* est exclue et seuls le *temps-processus* et le *temps-succession* sont ici mobilisables.

Les deux exemples de représentation graphique qui suivent portent sur la mobilité quotidienne d'une catégorie socioprofessionnelle particulière, dont les schémas de déplacements et d'activités sont parmi les plus homogènes : les cadres et professions intellectuelles supérieures (CPIS). Ils représentent 2 477 individus enquêtés et 1 105 589 individus pondérés dans l'EGT 2001-2002. En outre, l'EGT définit des motifs de déplacements qui sont à la fois des activités et/ou des lieux (domicile, travail, achat, etc.), et elles renseignent l'heure de départ et d'arrivée de chacun des motifs. Les approches traditionnelles consistent en l'analyse exclusive des déplacements : modes, motifs, temporalités. Néanmoins, il existe une approche minoritaire mais persistante qui s'intéresse à l'entre-déplacements, c'est-à-dire l'ensemble des lieux fréquentés et des activités effectuées au cours de la journée³⁴. Les analyses qui suivent s'inscrivent dans cette deuxième approche.

3.1. Les programmes de déplacements et d'activités au prisme du temps-processus

En premier lieu, nous cherchons à connaître la temporalité des activités des CPIS franciliens tout au long de la journée. Pour répondre à cet objectif, il faut nécessairement travailler sur un *temps-processus*³⁵, avec une échelle de temps cardinale qui permet de comptabiliser des durées. Il faut aussi ajuster tous les individus sur une échelle propre et non sur une échelle commune. Cet ajustement permet en effet d'agrégier tous les programmes de déplacements et d'activités pour savoir, par exemple, combien d'individus se déplacent à 9h du matin d'un jour type. Enfin, l'objectif principal étant de montrer quelles sont les activités les plus représentées à des moments spécifiques de la journée, la représentation en chronogramme est la plus adaptée. Elle renseigne en effet sur la fréquence des modalités d'activité à des instants précis d'observation.

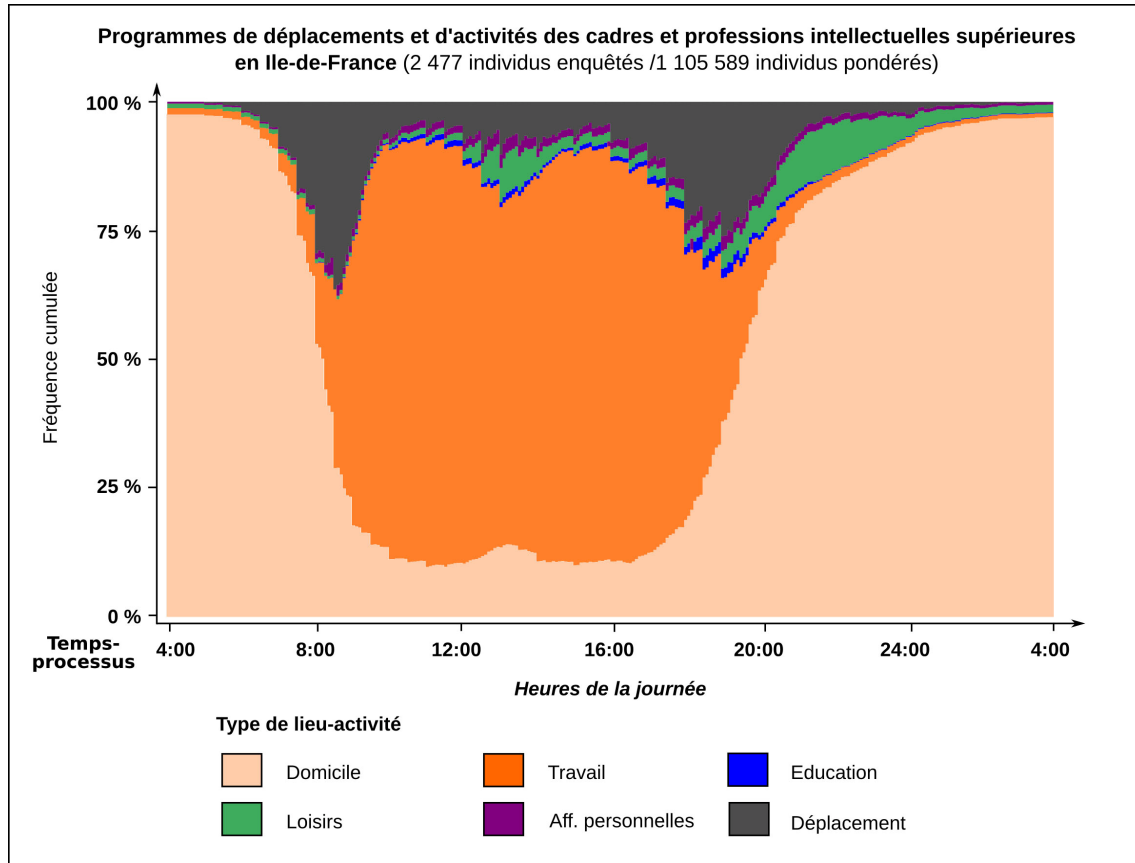
La figure 7 montre ainsi l'importance relative de six types de lieux-activités à chaque pas de temps des journées types des CPIS : à 4h du matin par exemple, 98 % des individus se trouvent à leur domicile ; les deux périodes de pointe en termes de déplacement correspondent aux tranches horaires 7h30-9h et 18h-20h³⁶ — à 19h notamment, environ 25 % des CPIS franciliens sont en train de se déplacer ; enfin la grande majorité des CPIS (90%) se trouvent sur leur lieu de travail en milieu de matinée et d'après-midi, et leurs activités de loisirs sont surtout cantonnées au début de soirée.

³⁴ Pour des exemples d'application dans la littérature, voir Isabelle André-Poyaud *et al.*, *op.cit.*, p. 67-95; Alain Bonnafous, Danièle Patier-Marque et François Plassard, *Mobilité et vie quotidienne*, Lyon, Presses universitaires de Lyon, 1981 ; Thomas Thévenin, Sonia Chardonnel et Elodie Cochet, *op.cit.*, p. 179-190.

³⁵ Le *temps-calendrier* serait inadapté puisque le recueil de l'information porte, pour chaque individu, sur un jour différent de la semaine, du mois et de l'année.

³⁶ Ces périodes de pointe se distinguent des pointes calculés pour l'ensemble des individus de l'enquête : l'heure de pointe du soir est notamment plus tardive pour les CPIS que pour les autres catégories socioprofessionnelles.

Fig 7. Représentation en chronogramme et en temps-processus des déplacements et activités les plus fréquents chez les cadres franciliens lors d'un jour ouvrable type



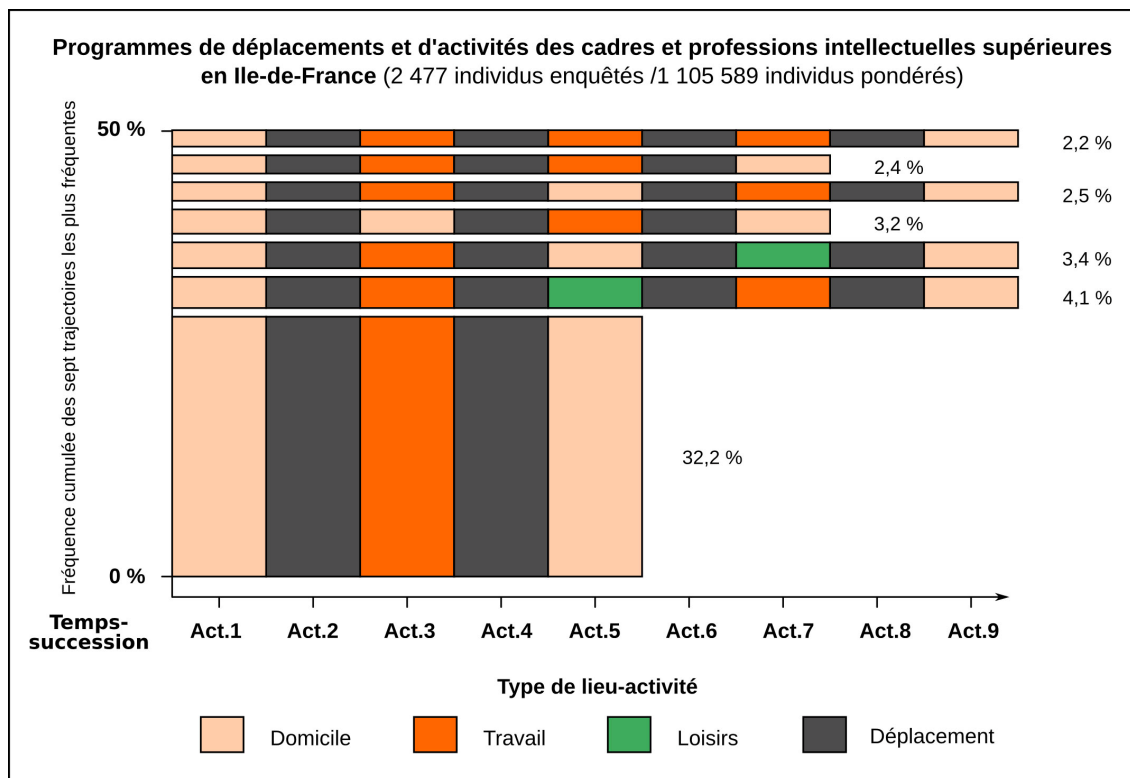
Source : DREIF, Enquête Globale Transport 2001-2002.

Cette première analyse en *temps-processus* renvoie une image agrégée des pratiques en leur associant une temporalité cardinale qui pourrait permettre de comptabiliser des durées pour décrire les différentes activités et lieux d'activités.

3.2. Les programmes de déplacements et d'activités au prisme du temps-succession

Principale limite de l'analyse précédente : elle ne donne aucune information sur l'enchaînement des activités au cours de la journée. Pour avoir une idée des programmes quotidiens des CPIS, il faut donc produire des mesures et des représentations individuelles agrégées des chaînes de déplacements-activités (Fig. 8). Dans ce deuxième cas, l'échelle cardinale pose problème parce qu'elle ajoute un bruit important qui masque les similarités dans l'enchaînement des activités. La solution la plus simple est donc de vider les programmes de déplacement et d'activités de leur cardinalité pour conserver uniquement leur aspect ordinal : c'est-à-dire la succession des états.

Fig 8. Représentation en temps-succession des sept programmes d'activité les plus fréquents chez les cadres franciliens lors d'un jour ouvrable type



Source : DREIF, Enquête Globale Transport 2001-2002.

La seconde analyse repose donc sur une transformation préalable du *temps-processus* en *temps-succession*. La figure 8 montre les sept programmes de déplacements et d'activités les plus fréquents qui représentent 50 % de l'ensemble des séquences quotidiennes des CPIS franciliens. Près d'un tiers d'entre eux (32,2 %) correspondent à un programme séquentiel classique domicile-déplacement-travail-déplacement-domicile, qui n'inclut pas notamment de retour au domicile pendant la journée lors de la pause méridienne. Les deux configurations les plus fréquentes qui suivent sont bien plus rares (respectivement 4,1 et 3,4 %). Elles montrent l'insertion des loisirs dans le programme quotidien des déplacements et activités : pour la première, l'insertion est faite pendant l'épisode de travail, certainement entre 12h et 14h, alors que pour la seconde, l'insertion des loisirs est postérieure à la période de travail. Le reste des programmes fréquents représentés, comprenant de 7 à 9 lieux-activités, intègrent des phases de déplacement entre des périodes successives de travail ou de présence au domicile. Soulignons enfin la faible diversité des activités, celles d'achat sont notamment absentes des programmes d'activité les plus fréquents.

En définitive, ne conserver que l'aspect ordinal de l'échelle temporelle permet d'appréhender de façon simple la succession des activités effectuées durant la journée. La représentation en tapis agrégé est ici, une nouvelle fois, la plus appropriée pour rendre compte le plus clairement possible des configurations longitudinales dominantes dans l'échantillon d'étude. Entre les figures 7 et 8, le passage d'un *temps-processus* à un *temps succession* a supposé

une perte d'information sur la durée des activités, mais c'est grâce à cette perte d'information qu'il est possible de mettre à jour des tendances individuelles agrégées au niveau des programmes de déplacement et d'activités.

4. Application aux itinéraires d'acheminement des marchandises en un temps

Le troisième et dernier objet d'étude, ainsi que les données longitudinales et les représentations graphiques associées, sont analysés selon le seul *temps-succession*. L'exemple choisi est celui des itinéraires de marchandises en France métropolitaine. Ici, l'utilisation de ce seul type de temps est conditionnée par la nature de l'enquête utilisée, soit l'enquête *Envois-CHargeurs-Opérateurs de transport (ECHO)* : les données collectées ne renseignent que la succession des étapes dans l'envoi de marchandises, sans information temporelle autre que l'ordre dans lequel les étapes du transport se sont déroulées.

Les recherches qui concernent l'analyse des flux de marchandises entre lieux (villes, régions, ports, aéroports) sont nombreuses dans la littérature³⁷. En revanche, les travaux intégrant les nœuds par lesquels les flux transitent sont très peu nombreux. Qu'il s'agisse de *hubs*, de plates-formes intermodales ou simplement d'entrepôts, ces nœuds assurent une fonction stratégique d'interface entre des réseaux de portée différente (locale, régionale, nationale, internationale) et ils ne peuvent donc être ignorés.

Leur intégration dans les analyses sur les flux de marchandises constitue un enjeu à la fois théorique et méthodologique. A la différence d'autres données longitudinales, comme celles relatives aux parcours résidentiels des individus (partie 2), la trajectoire que l'on analyse ne correspond qu'à une petite partie de la « vie » d'une marchandise. Cette dernière est délimitée par le début et la fin d'un même déplacement physique, souvent dans le cadre d'une opération commerciale, et ne représente qu'un maillon d'une chaîne qui le ramènera tôt ou tard au marché sous forme de bien intermédiaire ou fini. L'analyse de ces petits maillons de la chaîne logistique apporte un éclairage original sur la manière dont certains types de villes et d'espaces participent à la mise en relation des territoires.

Les données utilisées sont celles de l'enquête ECHO, menée par l'IFSTTAR³⁸ en 2004, qui a recueilli des informations sur les chaînes de transport physiques et organisationnelles du chargeur de la marchandise au destinataire final. L'échantillon compte 2 935 établissements chargeurs enquêtés et 10 462 envois. Le champ de l'enquête couvre l'ensemble des établissements de France métropolitaine (hors Corse), de 10 salariés ou plus, des commerces de gros, de l'industrie (hors extraction et Bâtiment et Travaux Publics), de la vente par correspondance, des coopératives agricoles, des services d'entreposage et des centres de traitement de déchets industriels³⁹. Méthodologiquement, un envoi se divise en plusieurs étapes et trajets, et une nouvelle étape est compté à chaque changement de mode de transport,

³⁷ A titre d'exemples, on peut citer : Edward Ullman, « Regional development and the geography of concentration », *Papers in Regional Science*, vol. 4, n°1, 1958, p. 179-198 ; Allan Pred, « Toward a typology of manufacturing flows », *Geographical Review*, 1964, vol. 54, n°1, p. 65-84 ; Robert Smith, « Concepts and methods in commodity flow analysis », *Economic Geography*, vol. 46, 1970, p. 404-416 ; David Guerrero et Laurent Proulhac, « Freight flows and urban hierarchy », *Research in Transportation Business & Management*, vol. 11, 2014a, p. 105-115.

³⁸ IFSTTAR pour Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux.

³⁹ Ce champ général représente environ 70 000 établissements et un nombre annuel d'envois estimé à 738 millions.

de véhicule ou lorsque un arrêt est effectué pour la réalisation d'une prestation logistique⁴⁰ : l'ensemble des envois de l'enquête se décompose ainsi en environ 20 000 trajets.

4.1. Les itinéraires des marchandises au prisme du temps-succession

L'exemple porte ici sur les seules relations inter-urbaines en France métropolitaine, soit un échantillon de 7 137 envois enquêtés pour lesquels les étapes sont réparties en cinq modalités spatiales qualitatives (construites à partir du zonage Insee 1999 en aires urbaines) : communes rurales, petites, moyennes et grandes aires urbaines, et aire urbaine de Paris.

Premier constat sur cet échantillon d'envois analysé en *temps-succession* : la moitié des envois interurbains s'effectue en un seul trajet (soit deux étapes, une seule origine et une seule destination)⁴¹. L'autre moitié des envois dits « indirects » contient entre deux et cinq trajets, les envois de plus de 5 trajets étant négligeables. Les envois de 2 et 3 trajets constituent l'essentiel des envois indirects, correspondant chacun à 18 % de l'effectif total.

La première représentation des itinéraires inter-urbains d'acheminement des marchandises en France métropolitaine est basée sur l'ensemble des envois de 2 trajets et plus (soit au moins 3 étapes). L'échantillon est de 3 050 envois enquêtés pour 353 651 857 envois pondérés (Fig. 9). Le mode de représentation choisi est celui en tapis agrégé qui décline ici les dix itinéraires d'acheminement de marchandises les plus fréquents. Le même choix graphique a été fait pour la deuxième analyse présentée en figure 10. Ce double choix s'explique par la volonté, dans ces analyses des trajectoires de marchandises, de privilégier le mode de représentation qui donne à voir, de la manière la plus claire possible, les tendances longitudinales dominantes dans les itinéraires d'acheminement complets de l'échantillon, quels que soient le nombre de trajets et d'étapes.

La première représentation en *temps-succession* révèle (1) la grande hétérogénéité des trajectoires des marchandises, dont les dix plus fréquentes ne représentent que 18,4 % de l'échantillon⁴² (fig. 9). (2) Ces dernières ont généralement une forme de cloche, avec au moins une étape intermédiaire dans une aire urbaine de niveau supérieur. Ceci est le résultat de l'extension des réseaux « *hub and spokes* » dans le transport routier de marchandises, qui impliquent le passage par des plates-formes logistiques. Ces dernières, qui sont le plus souvent localisées dans des agglomérations moyennes et grandes, et se trouvent rarement ailleurs⁴³. (3) Enfin, si on s'en tient à la longueur des itinéraires, la configuration la plus fréquente est celle des envois en trois étapes.

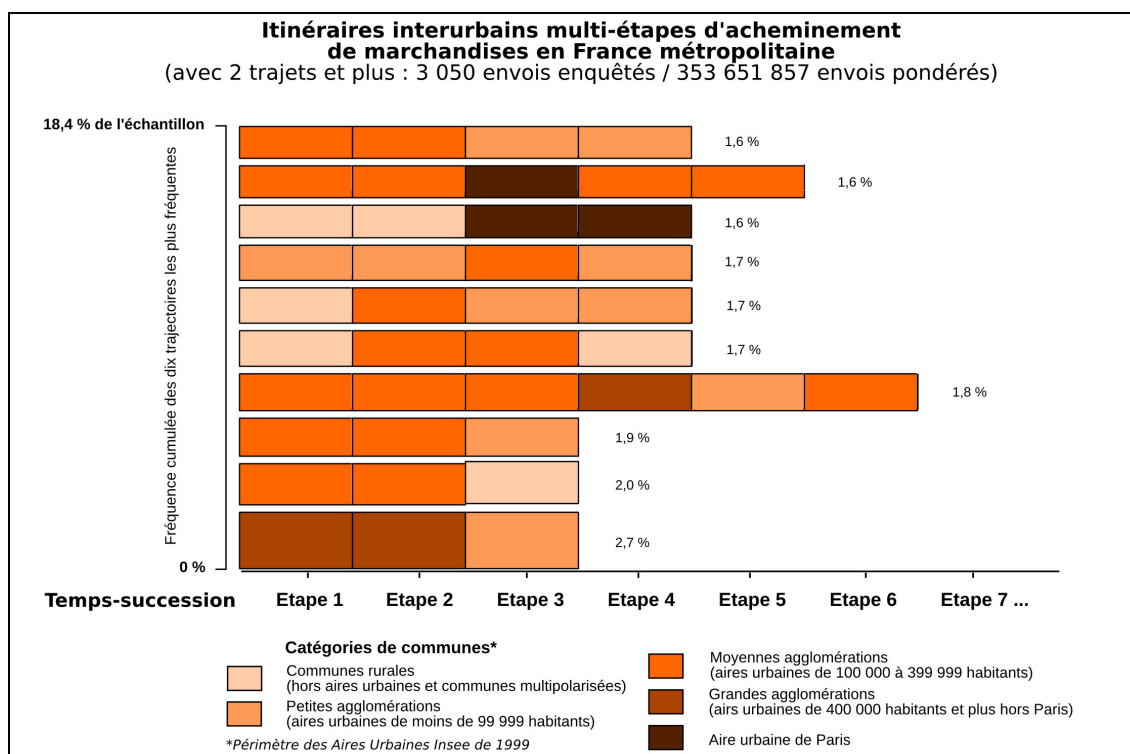
⁴⁰ Michèle Guilbault (dir.), *Enquête ECHO « Envois-Chargeurs-Opérateurs de transport »*, Résultats de référence, Synthèse INRETS n°56, 2008, p. 27.

⁴¹ Cette proportion varie toutefois selon les types d'activités considérés : les envois en un seul trajet sont par exemple moins nombreux dans les activités manufacturières que dans les activités de distribution, ce qui renvoie aux différences d'organisation dans l'acheminement des marchandises et aux modes de transport dominants.

⁴² Là encore, des différences significatives existent entre secteurs d'activité mais elles ne sont pas considérées volontairement ici, pour ne pas alourdir la présentation de la démarche à dominante méthodologique.

⁴³ David Guerrero et Laurent Proulhac, « La dynamique spatiale des activités logistiques dans les aires urbaines françaises », *Cybergéo : European Journal of Geography*, 2014b (soumis, en cours d'évaluation).

Fig 9. Représentation en temps-succession des dix itinéraires des marchandises les plus fréquents en France métropolitaine



Source : IFSTTAR, Enquête ECHO 2004

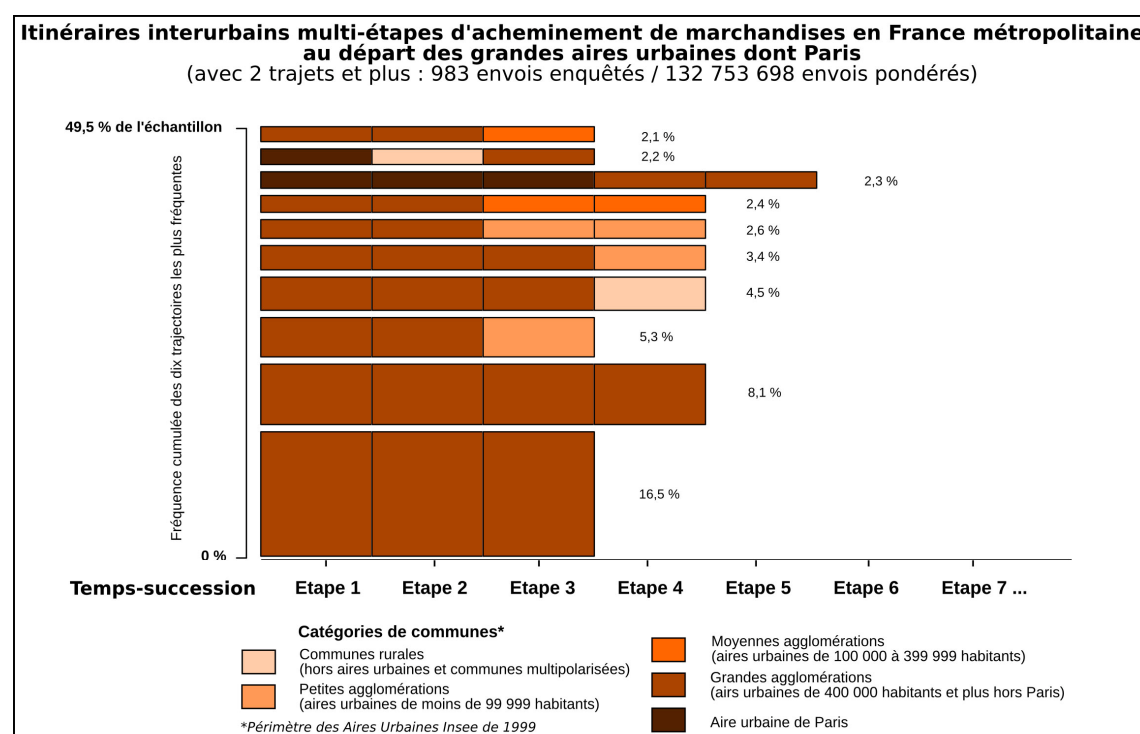
4.2. Les itinéraires des marchandises au départ des grandes agglomérations au prisme du temps-succession

Cette partie poursuit l'analyse en *temps-succession*, en limitant le champ d'étude aux envois émis par les seules grandes agglomérations. Elle propose ainsi une étude comparée d'itinéraires individuels qui partagent un même type de lieu de départ, un même niveau de la hiérarchie urbaine. Les grandes agglomérations jouent un rôle doublement important dans le système de transport de marchandises : d'une part, elles concentrent l'essentiel des activités de distribution, d'autre part elles hébergent encore une part importante des industries où les marchandises sont fabriquées.

A l'intérieur de ce sous-ensemble d'itinéraires de marchandises, l'hétérogénéité est logiquement moindre que dans le cas précédent : (1) Les dix trajectoires les plus fréquentes représentent la moitié de l'échantillon (49,5%), et rendent ainsi compte de logiques spatiales plus souvent similaires par rapport à l'ensemble des itinéraires de marchandises de deux trajets et plus en France métropolitaine ; (2) L'itinéraire le plus récurrent correspond à des acheminements de marchandises (en 2 ou 3 trajets) d'une grande aire urbaine vers une autre, en ne passant que par des étapes intermédiaires de niveau hiérarchique équivalent (respectivement 16,5 et 8,1 % de l'échantillon). Ces dernières peuvent aussi bien être situées dans la même aire urbaine que l'origine de la marchandise ou à proximité de la destination

urbaine finale ; (3) La deuxième configuration la plus fréquente correspond à des itinéraires qui se concluent dans un niveau hiérarchique faible ou moyen (communes rurales, petites et moyennes aires urbaines), mais avec des étapes intermédiaires essentiellement au même niveau que celui de l'origine de la marchandise. On retrouve ici encore une fois le rôle pivot des plateformes logistiques localisées dans les grandes aires urbaines.

Fig 10. Représentation en temps-succession des 10 itinéraires des marchandises les plus fréquents en France métropolitaine et au départ des grandes aires urbaines



Source : IFSTTAR, Enquête ECHO 2004

Ces résultats sur les trajectoires des marchandises renforcent l'hypothèse d'une organisation hiérarchique du système de transport de marchandises⁴⁴. Ce travail a notamment le mérite d'apporter des éléments d'estimation du poids des plates-formes logistiques, et des espaces de localisation de celles-ci, dans les étapes intermédiaires d'acheminement des marchandises. La structure de l'enquête ECHO n'autorise que des analyses sur la succession des événements, toutefois, comme dans les deux exemples précédents, c'est grâce à une simplification de l'information temporelle qu'il a été possible de mettre à jour des tendances agrégées sur les itinéraires d'acheminement des marchandises et sur la structuration spatiale des flux logistiques. Le renouvellement de l'enquête, prévu dans un avenir proche, permettra l'actualisation des résultats de 2004, notamment à la lumière des événements récents (crise financière de 2008, croissance rapide de l'e-commerce,...), qui semblent avoir impacté fortement l'organisation des chaînes de marchandises.

⁴⁴ David Guerrero et Laurent Proulhac, *op.cit*, 2014b (soumis, en cours d'évaluation).

Conclusion

Appréhender le temps dans l'étude quantitative des phénomènes en sciences humaines et sociales est chose plus difficile qu'il n'y paraît : du fait de conceptions physiques et philosophiques hétérogènes, de temporalités plus ou moins spécifiques à chaque objet de recherche, de préconceptions et potentialités inhérentes aux données statistiques disponibles. Accepter de simplifier et de borner les dimensions temporelles d'un objet, par la production de spécifications temporelles qui ne sont pas équivoques, paraît ainsi une étape indispensable pour rendre possible la quantification et objectiver nos appréhensions multiples du temps.

Représenter et analyser de façon agrégée les dynamiques longitudinales individuelles n'est pas non plus aisé. L'analyse longitudinale porte en elle le suivi temporel d'individus (sociologiques, économiques, géographiques, etc.) et l'étude des enchaînements entre états ou événements : afin d'appréhender les temporalités de trajectoires, de parcours, de chaînes et autres itinéraires, il importe de formaliser des types de temps différenciés qui soient modulables selon les objets d'étude. Le triptyque temporel proposé et mis en pratique dans l'article (*temps-calendrier*, *temps-processus*, *temps-succession*) répond à cette double exigence de cohérence théorique et d'adaptabilité pratique.

Lorsque les jeux de données le permettent, l'utilisation croisée de deux ou trois types de temps s'avère très complémentaire, riche d'enseignements, et permet d'analyser nos objets de recherche sous différents angles. De plus, le croisement des types de temps et des modes de représentation graphique des données longitudinales existant dans la littérature offre de nombreuses combinaisons possibles, en fonction des questionnements et des objectifs de l'analyse. Plusieurs sont illustrées dans l'article, mais bon nombre restent à explorer, au-delà du thème des mobilités spatiales, dans la richesse des objets et temporalités qui traversent les sciences humaines et sociales.

Bibliographie

Aigner, Wolfgang, Silvia Miksch, Heidrun Schumann et Christian Tominski, *Visualization of time-oriented data*, London, Springer, 2011.

André-Poyaud, Isabelle, Sonia Chardonnel, Laure Charleux et Kamila Tabaka, « La mobilité au cœur des emplois du temps des citadins », dans Yves Chalas et Florence Paulhiac (dir.), *La mobilité qui fait la ville*, Lyon, CERTU, 2008, p. 67-95.

Andrienko, Natalia, Gennady Andrienko et Peter Gatala, « Exploratory spatio-temporal visualization: an analytical review », *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 14, 2003, p. 503-541.

Antoine, Philippe, Catherine Bonvalet, Daniel Courgeau, Françoise Dureau et Eva Lelièvre, « Une lecture comparative de 14 collectes biographiques », dans GRAB, *Biographies d'enquêtes, bilan de 14 collectes biographiques*, Paris, Ined, 1999, p. 9-57.

Berry, Gérard, « L'informatique du temps et des événements », Leçon inaugurale au Collège de France, OpenEdition Books, 2013 [en ligne]. URL: <http://books.openedition.org/cdf/3297>

Blossfeld, Hans-Peter et Gotz Rohwer, *Techniques of event history modeling. New approaches to causal analysis*, London, Lawrence Erlbaum Associates, 2002.

Bonnafoos, Alain, Danièle Patier-Marque et François Plassard, *Mobilité et vie quotidienne*, Lyon, Presses universitaires de Lyon, 1981.

Brun, Jacques et Catherine Bonvalet, « Approches quantitatives ou qualitatives de la mobilité », *Espace, populations, sociétés*, vol. 20, 2002, p. 63-72.

Chatzis, Konstantinos, « De l'importation des savoirs américains à la création d'une expertise nationale : la modélisation des déplacements urbains en France, 1950-1975 », dans Mathieu Flonneau et Vincent Guigueno (dir.), *De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité ?*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2009, p. 159-169.

Cheyland, Jean-Paul, « Les processus spatio-temporels : quelques notions et concepts préalables à leur représentation », *Mappemonde*, n°87, 2007, p. 1-21.

Commenges, Hadrien, *L'invention de la mobilité quotidienne. Aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports*, Mémoire de thèse de géographie, Université Paris Diderot, 2013 [en ligne]. URL: <http://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00923682/>

Commenges, Hadrien, Pierre Pistre et Robin Cura, « SLIDER : Software for Longitudinal Data Exploration with R », *Cybergeog*, n°693, 2014 [en ligne]. URL: <http://cybergeog.revues.org/26530>

Couet, Christine, « L'échantillon démographique permanent de l'Insee », *Courrier des statistiques*, n°117-119, 2006, p. 5-14.

Courgeau, Daniel et Eva Lelièvre, *Analyse démographique des biographies*, Paris, Ined, 1989.

Crenner, Emmanuelle, Olivier Donnat, France Guérin-Pace, Frédérique Houseaux et Isabelle Ville, « L'élaboration d'une enquête quantitative sur la construction des identités », *Économie et Statistique*, n°393-394, 2006, p. 7-18.

Dupuy, Gabriel, *Une technique de planification au service de l'automobile. Les modèles de trafic urbain*, Paris, Ministère de l'équipement, 1975.

Frank, Andrew, « Different types of times in GIS », dans Max Egenhofer et Reginald Golledge, (dir.) *Spatial and temporal reasoning in GIS*, New York, Oxford University Press, 1998, p. 40-61.

Furia, Carlo, Dino Mandrioli, Angelo Morzenti et Matteo Rossi, *Modeling time in computing*, Berlin, Springer, 2012.

Gabadinho, Alexis, Gilbert Ritschard, Nicolas Müller et Matthias Studer, « Analyzing and visualizing state sequences in R with TraMineR », *Journal of Statistical Software*, vol. 40, n°4, 2011a, p. 1-37.

Gabadinho, Alexis, Gilbert Ritschard, Matthias Studer et Nicolas Müller, *Mining sequence data in R with the TraMineR package : A user's guide*, Université de Genève, 2011b [en ligne]. URL: <http://mephisto.unige.ch/traminer/index.shtml>

GRAB, *Biographies d'enquêtes, bilan de 14 collectes biographiques*, Paris, Ined, 1999.

GRAB, *Etats flous et trajectoires complexes. Observation, modélisation, interprétation*, Paris, Ined, 2006.

Grelet, Yvette, « Des typologies de parcours : méthodes et usages », *Notes de travail Génération 92*, n°20, 2002, 47 p [en ligne]. URL: http://www.cmh.ens.fr/greco/programs/Grelet_typolparc.pdf.

Guérin-Pace France, Olivier Samuel et Isabelle Ville (dir.), *En quête d'appartenance. L'enquête Histoire de vie sur la construction des identités*, Paris, Ined, 2009.

Guerrero, David et Laurent Proulhac, « Freight flows and urban hierarchy », *Research in Transportation Business & Management*, vol. 11, 2014a, p. 105-115.

Guerrero, David et Laurent Proulhac, La dynamique spatiale des activités logistiques dans les aires urbaines françaises », *Cybergéo : European Journal of Geography*, 2014b (soumis, en cours d'évaluation).

Guilbault, Michèle (dir.), *Enquête ECHO « Envois-Chargeurs-Opérateurs de transport »*, Résultats de référence, Synthèse INRETS n°56, 2008.

Landes, David, *Revolution in time: clocks and the making of the modern world*, Cambridge, Belknap Press, 2000.

Le Goff, Jacques, « Au Moyen-Âge : temps de l'Église et temps du marchand », *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations*, vol. 15, n°3, 1960, p. 417-433.

Lelièvre, Eva et Géraldine Vivier, « Evaluation d'une collecte à la croisée du quantitatif et du qualitatif. L'enquête Biographies et entourage », *Population*, vol. 56, n°6, 2001, p. 1043-1073.

Pebesma, Edzer, « Spacetime: spatio-temporal data in R », *Journal of Statistical Software*, vol. 51, n°7, 2012, p. 1-30.

Peuquet, Donna, « Time in GIS and geographical databases », dans Paul Longley, Michael Goodchild, David Maguire et David Rhind (dir.), *Geographical information systems. Principles and technical issues*, vol. 1, New-York, Wiley, 1999, p. 91-103.

Pistre, Pierre, *Renouveaux des campagnes françaises : évolutions démographiques, dynamiques spatiales et recompositions sociales*, Mémoire de thèse de géographie, Université Paris-Diderot, 2012 [en ligne]. URL: <http://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00764869/>

Pred, Allan, « Toward a typology of manufacturing flows », *Geographical Review*, vol. 54, n°1, 1964, p. 65-84.

Raux, Charles, Odile Andan et Patrick Bonnel, *Les analyses des comportements de mobilité individuelle quotidienne : une synthèse bibliographique*, Lyon, Laboratoire d'Économie des Transports, 1988.

Robette, Nicolas, « De l'espace de vie à l'espace d'une vie. Décrire les espaces de vie individuels », Mémoire de thèse de démographie, Paris, Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne, 2009 [en ligne]. URL: https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/360203/filename/These_Nicolas_Robette.pdf

Smith, Robert, « Concepts and methods in commodity flow analysis », *Economic Geography*, vol. 46, 1970, p. 404-416.

Taris, Toon, *A primer in longitudinal data analysis*, Londres, SAGE Publications, 2000.

Thévenin, Thomas, Sonia Chardonnel et Elodie Cochev, « Explorer les temporalités urbaines de l'agglomération de Dijon : une approche activité-centrée de l'Enquête Ménage Déplacement », *Espace Populations Sociétés*, vol. 2-3, 2007, p. 179-190.

Tufte, Edward, *The visual display of quantitative information*, Cheshire, Graphics Press, 1983.

Ullman, Edward, « Regional development and the geography of concentration », *Papers in Regional Science*, vol. 4, n°1, 1958, p. 179-198.